

# ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DO SIMULADOR DE VOO NO 2º ESQUADRÃO DE INSTRUÇÃO AÉREA NO ÂMBITO DA SEGURANÇA DE VOO

## *ANALYSIS OF THE USE OF THE FLIGHT SIMULATOR IN THE 2ND AIR INSTRUCTION SQUADRON IN THE FIELD OF FLIGHT SAFETY*

Gabriel Della Modesta de Jesus<sup>1</sup>  
Felipe de Oliveira Sardinha<sup>2</sup>  
Rodrigo Mendes Cordeiro<sup>3</sup>

### RESUMO

Este artigo analisa a utilização do simulador de voo no Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA) da Academia da Força Aérea (AFA), com o objetivo de verificar como seu uso pode influenciar na prevenção de acidentes aeronáuticos durante o estágio primário de voo. Considerando a elevada importância do domínio psicomotor e da tomada de decisão para a formação de cadetes aviadores, investiga-se a relevância do treinamento simulado no aprimoramento da segurança operacional uma vez que o voo simulado pode ser utilizado para trabalhar exatamente esses dois aspectos. O método de pesquisa adotado combina a pesquisa qualitativa, baseada em levantamento bibliográfico e documental, e a análise quantitativa dos dados de acidentes e incidentes registrados no Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) acontecidos na AFA. As fontes incluem documentos institucionais da AFA, normas do Comando da Aeronáutica, além de estudos acadêmicos sobre a história, evolução e aplicação dos simuladores de voo. Os resultados preliminares apontam que o simulador contribui significativamente para o desenvolvimento da tomada de decisão e da reação a situações de emergência, fatores críticos para a segurança de voo. Observa-se, contudo, a necessidade de ampliar e aprimorar o uso do simulador, integrando mais cenários de emergências críticas e não críticas no treinamento dos cadetes, especialmente no 2º EIA por conta da baixa experiência dos cadetes do 2º ano. O estudo conclui que, apesar dos benefícios já evidentes, existem oportunidades de melhorias no emprego do simulador para potencializar ainda mais a formação segura e eficiente dos futuros oficiais aviadores. Recomenda-se o investimento contínuo na atualização dos recursos de simulação e na adaptação dos programas de instrução para otimizar o aproveitamento da ferramenta, contribuindo para a consolidação de uma cultura de segurança de voo no ambiente de formação dos pilotos na AFA.

**Palavras-chave:** Simulador de voo; Segurança de voo; Instrução aérea no 2º EIA; Processo decisório.

---

<sup>1</sup> Cadete Aviador Modesta do 4º Esquadrão (Turma *Ártemis*, 2025).

<sup>2</sup> Capitão Aviador. Graduação em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea (2014), especialista em Coaching e Gestão de Pessoas pela Universidade UniLasalle (2019). E-mail: [sardinhafos@fab.mil.br](mailto:sardinhafos@fab.mil.br).

<sup>3</sup> Capitão Aviador. Graduação em Ciências Aeronáuticas pela Academia da Força Aérea (2011), Graduação em Engenharia Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2021), Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais (2023). E-mail: [mendesrnc@fab.mil.br](mailto:mendesrnc@fab.mil.br)

## ABSTRACT

This article analyzes the use of the flight simulator at the Second Aerial Instruction Squadron (2° EIA) of the Brazilian Air Force Academy (AFA), aiming to verify how it can influence the prevention of aeronautical accidents and incidents during the primary flight stage. Considering the high importance of psychomotor skills and decision-making for the training of cadet aviators, the study investigates the relevance of simulated training in enhancing operational safety, since simulated flights can be used to specifically develop these two aspects. The research methodology combines qualitative research, based on bibliographic and documentary review, and quantitative analysis of accident and incident data recorded in the Aeronautical Accident Investigation and Prevention System (SIPAER) at the AFA. Sources include institutional documents from the AFA, standards from the Aeronautics Command, as well as academic studies on the history, evolution, and application of flight simulators. Preliminary results indicate that the simulator significantly contributes to the development of decision-making and emergency response, both critical factors for flight safety. However, it is observed that there is a need to expand and improve the use of the simulator by integrating more critical and non-critical emergency scenarios into cadet training, especially in the 2° EIA due to the low experience level of second-year cadets. The study concludes that, despite the evident benefits, there are opportunities for improvement in the employment of the simulator to further enhance the safe and efficient training of future Air Force officers. Continuous investment in updating simulation resources and adapting instructional programs is recommended to optimize the tool's use, contributing to the consolidation of a strong flight safety culture within the pilot training environment at the AFA.

**Keywords:** Flight simulator; Flight safety; Flight instruction at 2° EIA; Decision-making process.

## INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea tem como seu principal objetivo preparar e formar os futuros líderes da Força Aérea, baseando o desenvolvimento dos cadetes em fatores físicos, morais e técnicos com o intuito de ao final dos 4 anos obter oficiais capazes de liderar uma moderna Força Aérea (Brasil, 2021). Durante esse processo de formação, os cadetes aviadores possuem instruções teóricas e práticas a respeito de diversos fatores que influenciam a atividade aérea, como aulas de Teoria de Voo, Segurança de voo e a Atividade Aérea na prática. (Brasil, 2024).

A atividade aérea é dividida em dois estágios: o estágio primário, realizado no 2° EIA, atualmente pelos cadetes do 2° ano de formação, e o estágio básico, realizado majoritariamente no 1° EIA pelos cadetes do 4° ano de formação. Alguns cadetes, entretanto, realizam o estágio básico no 2° EIA, em razão de não terem atingido os parâmetros médicos exigidos para o voo no T-27 (Brasil, 2024).

A Força Aérea Brasileira (FAB) estabelece, entre seus objetivos educacionais, o desenvolvimento dos domínios cognitivo, afetivo e psicomotor (Brasil, 2012). A instrução aérea,

por ser uma atividade de elevado nível técnico, exige um alto grau de desenvolvimento do domínio psicomotor. Este domínio é constituído por conhecimentos e habilidades aplicados em atividades práticas (Simpson, 1966), os quais são amplamente trabalhados no 2º EIA, considerando o baixo nível de experiência prévia dos instruídos.

Levando em consideração a baixa experiência dos cadetes e o alto risco da atividade aérea, a AFA tem como um de seus pilares o desenvolvimento das habilidades do domínio psicomotor priorizando a segurança de voo (Brasil, 2025), para assim assegurar o maior bem da instituição, o material humano. Visando evitar a ocorrência de acidentes e incidentes aeronáuticos, a AFA conta com diversos recursos como procedimentos normais e de emergência para os voos, manutenção programada das aeronaves e instruções periódicas para os tripulantes.

No mesmo contexto, o fator humano na atividade aérea é considerado o mais flexível, o que torna o ser humano mais suscetível a variáveis que influenciam seu comportamento e sua tomada de decisão, sendo, portanto, o elemento mais sensível do sistema (Penteado, 2013). Essa característica faz do piloto um dos principais potenciais geradores de riscos significativos à segurança das operações aéreas. No Brasil, o órgão responsável por coletar e analisar os dados relativos a acidentes e incidentes aéreos é o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) (Caetano, 2011), subordinado ao Comando da Aeronáutica, responsável por conduzir o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER). Esse sistema visa orientar as investigações e ações para prevenção e investigação de acidentes e incidentes aeronáuticos no Brasil, tanto civil como militar.

Por um dos mais recorrentes fatores para a segurança na aviação ser a tomada de decisão (Cassiano, 2021), essa é uma área amplamente trabalhada no estágio primário de voo. Visto a necessidade do desenvolvimento desse fator, foi implantado o simulador de voo no 2º EIA, uma vez que é uma ferramenta muito útil para aprimorar tanto o nível da instrução quanto aumentar o preparo dos cadetes (Almeida, 2017) de uma maneira segura. Os simuladores são ferramentas que foram implantadas tanto na aviação militar quanto na aviação civil pois podem simular diversas situações de emergências quantas vezes for necessário (Panassol; Garcia, 2023) para assim treinar a reação e tomada de decisão dos pilotos.

Portanto o objeto de estudo deste trabalho é a utilização do simulador de voo no âmbito da instrução aérea do 2º EIA, limitando-se à análise de seu impacto na prevenção de acidentes aeronáuticos. A pesquisa restringe-se ao uso do simulador no curso de formação do 2º EIA, durante o estágio primário de voo, focando nos procedimentos normais, de emergência e na preparação

decisória dos cadetes. Esta delimitação se justifica em função da importância atribuída à segurança de voo no ambiente de formação e do relevante papel que a simulação ocupa como ferramenta pedagógica segura e econômica (Panassol; Garcia, 2023).

Diante desse cenário, formula-se o problema de pesquisa: **O simulador de voo tem sido utilizado de forma efetiva para contribuir na prevenção de acidentes aeronáuticos durante a instrução no 2º EIA?** Como hipótese inicial, considera-se que o simulador pode ser capaz de desenvolver as habilidades psicomotoras e de tomada de decisão dos cadetes, resultando em um ambiente mais seguro e controlado para o processo de formação.

O objetivo geral do estudo é analisar de que maneira o simulador de voo contribui para a mitigação de riscos aeronáuticos no âmbito do 2º EIA. Como objetivos específicos, propõe-se verificar a importância do processo decisório na segurança de voo, analisar o uso atual do simulador na instrução aérea do 2º EIA, investigar fatores contribuintes para acidentes e incidentes reportados, e identificar possíveis oportunidades de aprimoramento na utilização dessa ferramenta.

A relevância deste estudo fundamenta-se em seu valor social, ao contribuir para a proteção do principal ativo da instituição: o material humano. Além disso, o trabalho visa à preservação dos bens materiais e ao fortalecimento da imagem da Força Aérea Brasileira, especialmente no que diz respeito à segurança e à eficiência de seus processos. Também é fundamentado quanto sua importância científica, ao contribuir para o aprofundamento dos conhecimentos sobre a formação segura de pilotos militares, alinhada às melhores práticas pedagógicas e de segurança operacional na aviação.

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

A segurança de voo constitui um dos principais pilares institucionais na formação dos pilotos na Academia da Força Aérea (Brasil, 2024). Esse enfoque é ainda mais importante durante o curso primário realizado no 2º EIA por conta da baixa experiência dos instruídos que iniciam sua formação nesse esquadrão. Ademais, porque o voo é uma atividade que envolve alto nível de complexidade e risco, desde seu desenvolvimento e montagem das aeronaves como também na condução e controle do avião durante o voo (De Costa, 2008).

O fator humano é uma das peças fundamentais para a condução segura e eficiente de um voo. No entanto, ao mesmo tempo em que representa a maior flexibilidade nos sistemas aeronáuticos, também constitui sua principal vulnerabilidade, uma vez que o desempenho humano

está sujeito a diversas influências, como conhecimento, treinamento e fatores emocionais (Lima, 2016). Dentro dessa vulnerabilidade do ser humano, o processo decisório é um fator amplamente estudado por muitos especialistas em diversas áreas como esporte, empreendedorismo e militarismo. Assim sendo, existem diversas definições que tentam explicar o processo da tomada de decisão, no âmbito da área executiva e das organizações. O processo da tomada de decisão pode ser entendido como:

“Um processo de decisão inicia-se pela identificação das necessidades, do que é possível fazer, da informação que está disponível e da comunicação que precisa ser efetuada. Esperamos que esses elementos, ordenados em uma estrutura lógica, resultem na possibilidade de uma melhor decisão. ” (Préve; Moritz; Pereira, p. 77 2010).

Em um estudo a respeito do processo decisório, percebe-se que a tomada de decisão pode ser entendida como o resultado de um processo mental que envolve a escolha entre diversos cursos de ação possíveis (Rodrigues, 2004). No militarismo a tomada de decisão é baseada nos valores e na ética preservada nas forças armadas, essa habilidade é inerente a um líder tanto quanto em campo de batalha como também em tempos de paz (Casquinha, 2021). Para Gontijo e Maia em 2004, a tomada de decisão baseia-se no conceito de "racionalidade limitada", abordando que os tomadores de decisão raramente possuem todas as informações necessárias para tomar decisões ideais utilizando portanto abordagens incrementais, ajustes graduais, para possuir melhores soluções. Assim sendo, percebe-se que todas essas definições não são contrárias, mas sim, se complementam e auxiliam no entendimento desse complexo processo.

O processo decisório na atividade aérea é uma área de extrema importância, principalmente relacionado à segurança de voo. A pilotagem é considerada uma tarefa complexa uma vez que envolve diversos fatores simultaneamente, sendo demandado portanto dos pilotos o desenvolvimento da coordenação de múltiplas atividades (Rondon; Capanema; Fontes, 2013). Logo, a tomada de decisão é de extrema importância, uma vez que o piloto deve saber priorizar o que fazer em cada momento do voo visando o objetivo final, cumprir a missão de forma segura e eficiente.

Uma boa tomada de decisão é baseada em diversos fatores que tanto podem contribuir para uma boa ou má escolha, dependendo da interpretação do piloto no momento. O julgamento de

pilotagem e o planejamento do voo são dois dos fatores que englobam a tomada de decisão no âmbito operacional, e o processo decisório relacionado com o fator humano, representando a deficiência do piloto em perceber, interpretar e realizar a escolha mais adequada (Cassiano, 2021). Um dos modelos utilizados para explicar para os pilotos as etapas do processo decisório é o modelo baseado em seis palavras: *Decide, Estimate, Choose, Identify, Do and Evaluate* (“DECIDE”).

*“D – Detect the fact that a choice must be made E – Estimate the significance of the choice C – Choose a safe outcome I – Identify plausible actions D – Do the best option E – Evaluate the effect of the action”* (Martinussen; Hunter, p. 280, 2017).

Esse modelo é caracterizado por um ciclo contínuo de avaliação do processo decisório, que de uma forma mais elucidativa visa facilitar e tornar mais rápidas as etapas necessárias para a tomada de decisão, auxiliando a promover a agilidade necessária durante o voo. Em vista disso, a tomada de decisão para um piloto é um dos fatores que possuem grande influência na operação segura das aeronaves, sendo esse processo realizado de forma mais assertiva e rápida por pilotos que fazem a utilização periódica dos simuladores para treinamento (Penteado; Daou, 2013).

De acordo com a Diretriz de Comando da Aeronáutica (DCA 11-45), “Concepção Estratégica - Força Aérea 100” (2018), no contexto operacional da Força Aérea Brasileira, o uso de simuladores deve ser amplamente incentivado como ferramenta essencial na preparação dos militares para o emprego da Força. Essa tecnologia contribui significativamente para o aprimoramento das doutrinas e treinamentos, tornando-os mais eficazes. Além disso, os simuladores facilitam a compreensão e a aplicação dos conceitos teóricos, proporcionando um ambiente controlado para a prática e a correção de falhas sem comprometer a segurança real das operações (Brasil, 2018).

Historicamente, os simuladores de voo são ferramentas que vêm sendo amplamente utilizadas na preparação dos pilotos em grande parte do mundo. A história dos simuladores de voo se iniciou em 1910, ao ser criado o “Barril de aprendizado de Antoniette” (Figura 01), na tentativa de representar o movimento de arfagem e rolagem, com todas suas peças sendo montadas e movidas de maneira manual (Page, 2004). Em 2016, Machado explicita que posteriormente foi percebido a relevância de referências visuais na simulação para aumentar o nível de inserção do piloto em treinamento, começando com uma pena pintando numa linha em um mapa e direcionando-se a o que existe na atualidade. Ademais, foi percebido a necessidade de tirar o fator humano para movimentar o simulador e tornar automatizado, aumentando a imersão em uma situação real. Todo

esse avanço na tecnologia dos simuladores de voo foi utilizado em eventos como a Segunda Guerra Mundial por conta do sucesso do Link Trainer, Figura 02, visto que era uma boa maneira de preparar os pilotos e fornecer um pouco de experiência antes do combate (Page,2004).



**Figura 01** - Barril de aprendizado de Antoniette

Fonte: Page, (2004)



**Figura 02** - Treinamento em Link Trainer de Pilotos da Army

Fonte: Machado, (2016)

Durante a Segunda Guerra Mundial, o avanço tecnológico ocorreu de forma intensa. O uso do simulador para no âmbito militar culminou o desenvolvimento de computadores e eletrônicos que foram utilizados para aprimorar o ambiente da simulação aérea, além disso, esse progresso das tecnologias criou ferramentas que são utilizadas até os dias atuais (Machado, 2016). Após alguns anos após a guerra, os simuladores começaram a apresentar problemas e limitações em sua operação, funcionando no máximo 10-12 horas por dia, evidenciando a necessidade de migrar para a computação digital, destacando a ampla utilização do “*Mark 1*”, utilizado tanto pela aviação civil quanto militar. Esse fato levou futuramente o desenvolvimento de sistemas visuais e de movimento, que implementaram a simulação aérea assim como a padronização definida internacionalmente para a utilização dos simuladores (Page, 2004).

Dado esse contexto sobre a história dos simuladores de voo, percebe-se que desde sua invenção ele vem sendo utilizado, pois o objetivo do simulador de voo é instruir os pilotos de uma forma eficiente e segura, uma vez que não oferece risco nem material quanto humano (Panassol; Garcia, 2023). Ademais, o uso de simuladores representa uma alternativa significativamente mais econômica para o treinamento de instruídos. Considerando que a hora de voo real possui um custo muito superior à hora de voo simulada, é possível alcançar uma economia de até cinco vezes no custo total de formação por piloto. Essa redução é ainda mais relevante quando trazida para o contexto das organizações públicas (Moreno, 2003). Sendo assim, o uso de simuladores tem sido um recurso pedagógico essencial na formação dos pilotos, permitindo o desenvolvimento progressivo de competências aeronáuticas com alta segurança e menor custo operacional.

Nesse sentido, visando atingir o objetivo da AFA, os simuladores de voo são utilizados para desenvolver as habilidades de pilotagem dos cadetes com o maior nível de segurança possível, visto o baixo nível de experiência dos instruídos, para assim se aproximar o objetivo de “Zero Acidentes”. Dessa forma, a utilização do simulador é incentivada para o treinamento de procedimentos normais, de emergência, julgamento do piloto, pilotagem, tomada de decisão, dentre outros, culminando em pilotos melhores qualificados para gerenciar cabines de aeronaves e os riscos eminentes a esse ambiente (Brasil, 2020). Logo, o simulador de voo para a instrução aérea apresenta os seguintes benefícios:

- a) segurança operacional
- b) maior escopo de treinamento comparado com as aeronaves reais;
- c) maior realismo em treinamento de procedimentos de emergências;
- d) disponibilidade 24 horas por dia, em todas as condições atmosféricas;
- e) aprendizado progressivo e pedagógico;
- f) alta disponibilidade;
- e g) melhor Custo x Benefício (Brasil, p. 15, 2020).

Durante o estágio primário realizado no 2º EIA, os cadetes possuem missões de voo real e de voo simulado. O curso é dividido em três fases: Pré-solo, Manobras e Acrobacias, e Formatura sendo o término de cada fase caracterizado pelo voo solo. A fase do pré-solo conta com 14 missões, a fase de manobras e acrobacias conta com 8 missões e a fase de formatura conta com 9 missões, totalizando 31 missões, sem contar as missões extras e de revisão (Brasil, 2025). Além das missões de voo real, são utilizadas para complementar a formação dos cadetes o voo simulado. São realizadas duas missões que treinam os Procedimentos Normais e de Emergências (PNE). Uma dessas missões não é feita no simulador e as missões de PNE devem ser realizadas preferencialmente antes do voo solo. Para a fase do pré-solo devem ser realizadas, no decorrer da

fase, 5 missões simuladas obrigatórias e uma extra. Na fase de manobras e acrobacias é 1 missão mandatória e uma extra. Já a fase de formatura é composta por 3 missões simuladas obrigatórias e uma extra, totalizando 10 missões de voo simulado, desconsiderando missões extras e de revisão (Brasil, 2025).

Levando em consideração que cada missão real possui duração entre 60 e 75 minutos, o cadete finaliza o curso, caso não realize missões de revisão ou extra, com aproximadamente 32 horas de voo. Porém, quando analisadas as missões de voo simulado que duram em torno de uma hora, o cadete finaliza o estágio com aproximadamente 10 horas de voo simulado, sendo dessas somente uma hora voltada para o treinamento de procedimentos de emergência.

De acordo com Penteado e Daou (2013), o treinamento em simuladores permite que os pilotos desenvolvam, por meio da exposição a múltiplas situações emergenciais simuladas, respostas mais precisas e rápidas. Além disso, esse tipo de treinamento contribui para o fortalecimento da consciência situacional e para a melhoria da tomada de decisão. O estudo aponta que pilotos que haviam vivenciado previamente situações de pane em simuladores apresentaram maior nível de percepção e menor tempo de resposta nas decisões durante o voo real. Ainda segundo os autores, durante a formação de um piloto, é recomendado que sejam realizadas, no mínimo, três horas mensais de treinamento em simulador, mesmo considerando que os pilotos analisados já possuíam experiência prévia de voo.

O entendimento a respeito dos acidentes organizacionais foi influenciado pelo modelo proposto por James Reason (1997), conhecido como o modelo do queijo suíço. Essa teoria defende que as falhas operacionais não decorrem exclusivamente de erros individuais, mas do alinhamento de falhas em múltiplas camadas defensivas do sistema, como se fossem fatias de queijo com orifícios. Nesse modelo os acidentes não resultam de um único erro, mas da combinação de condições latentes e falhas ativas em diferentes camadas do sistema organizacional. Cada camada representa uma barreira de proteção, mas nenhuma é completamente imune a falhas. Quando essas falhas se alinham, cria-se um caminho direto para o acidente.

Conforme Cintra (2019), o FFS SHEFE é um simulador de voo de alta fidelidade, projetado para replicar com precisão a operação de helicópteros militares, incluindo aspectos de navegação, meteorologia, comunicações, falhas técnicas e situações de emergência. A utilização do FFS SHEFE mostrou-se eficaz na formação de pilotos ao permitir a identificação precoce de falhas no julgamento e na execução de procedimentos de emergência. O estudo evidenciou que os instruídos submetidos a ciclos adicionais de simulação cometeram menos erros em missões reais, pois essa

experiência prévia elucidada melhor como os procedimentos e as teorias serão colocadas em prática. Ademais, ao analisar-se as fichas relativas a formação dos pilotos também foi percebido um baixo nível de dificuldades por parte dos instruídos após utilizarem o simulador, reforçando a tese de que a simulação atua diretamente na prevenção de acidentes e na consolidação da consciência situacional.

A Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO) propõe, por meio do Manual de Treinamento Baseado em Evidências (Evidence based training – EBT), uma mudança de paradigma no processo de formação de pilotos. Essa mudança visa priorizar o desenvolvimento de competências comportamentais nos tripulantes ao invés da simples repetição de manobras específicas. Além disso, o EBT destaca que os simuladores, são subutilizados devido à ênfase regulatória em avaliações formais, que muitas vezes limitam o potencial pedagógico desses dispositivos. O programa propõe reequilibrar o foco entre o treino e a checagem, reconhecendo que a avaliação de competência é necessária, mas que a aprendizagem ocorre principalmente sem a pressão de um cenário avaliativo.

Diante dos conceitos apresentados, observa-se que a utilização estratégica do simulador de voo configura-se como elemento central na mitigação de riscos operacionais durante a formação de cadetes no 2º EIA. A conjugação entre o desenvolvimento psicomotor e a melhoria do processo decisório, quando estimulados em ambiente simulado, pode reduzir significativamente a ocorrência de falhas humanas, historicamente associadas a grande parte dos incidentes, incidentes graves e acidentes aeronáuticos. Assim, o referencial teórico sustenta a hipótese de que o simulador, se bem empregado, é capaz de elevar os níveis de segurança de voo e aprimorar a formação operacional dos cadetes aviadores da AFA.

## **2 METODOLOGIA**

Para este trabalho foi utilizado o método de análise qualitativa proposto por Gil (2002), com base em uma pesquisa bibliográfica e documental, focada em entender fatores como o processo decisório, a história e a utilização dos simuladores de voo na formação dos pilotos. Será adotado também uma análise quantitativa dos dados relativos a acidentes ocorridos durante a instrução e seus fatores contribuintes, por conseguinte possuindo uma abordagem metodológica mista, com predominância qualitativa complementada por uma análise quantitativa. O objetivo é compreender e analisar a utilização do simulador de voo no Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA), no

contexto da segurança operacional.

A parte qualitativa fundamenta-se em um levantamento bibliográfico e documental. Foram consultadas normas técnicas e doutrinárias do Comando da Aeronáutica, como a MCA 3-17 (2017) e o Programa de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO 2025), além de dissertações, artigos científicos e manuais operacionais que tratam do uso de simuladores de voo e da formação de pilotos militares. Esses documentos oferecem suporte à compreensão dos fundamentos teóricos relacionados à formação de pilotos, ao processo decisório, psicomotor, segurança de voo e à evolução dos simuladores.

Na dimensão quantitativa, foi realizada uma análise dos dados estatísticos disponíveis no Painel SIPAER, mantido pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Foram observadas, especialmente, as ocorrências classificadas como acidentes, incidentes e incidentes graves na aviação civil brasileira entre 2015 e 2025, com ênfase nos registros relacionados à fase de instrução e aos fatores contribuintes mais recorrentes, como julgamento de pilotagem, aplicação de comandos, supervisão gerencial, instrução insuficiente e atitude do tripulante. Adicionalmente, foi analisado o subconjunto específico de ocorrências atribuídas ao 2º EIA, tanto os acidentes, incidentes e incidentes graves quanto os fatores contribuintes mais comuns. Essa análise dos acidentes e fatores contribuintes ocorridos no meio civil tem o intuito de gerar uma ferramenta de comparação com as ocorrências aeronáuticas ocorridas no âmbito do 2º EIA. Complementando essa análise, será realizada uma comparação entre a proporção de horas voadas na aviação civil e no Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA), com o objetivo de compreender como essas duas realidades diferem entre si no que diz respeito à prevenção de acidentes.

Os dados foram tratados por meio de análise de conteúdo e interpretação crítica, considerando a relação entre os fatores contribuintes e a potencial atuação preventiva do simulador. A partir disso, busca-se responder à pergunta de pesquisa sobre a efetividade do simulador na mitigação de riscos, e identificar possíveis pontos de melhoria no modelo atual de instrução.

### 3 DESENVOLVIMENTO

A formação de cadetes aviadores no Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA) envolve um estágio de elevada exigência técnica, em que a prática do voo real é complementada por missões de treinamento simulado. O simulador de voo foi incorporado à rotina de instrução com o propósito de não só aumentar o preparo dos cadetes como também elevar os padrões de segurança operacional, oferecendo um ambiente controlado para o treinamento de procedimentos normais, emergenciais e situações críticas de tomada de decisão. Durante o estágio primário de voo, o cadete realiza um total aproximado de 32 horas de voo real, divididas em três fases: Pré-solo, Manobras e Acrobacias, e Formatura. A essas se somam cerca de 9 horas de voo simulado, com foco em procedimentos operacionais e de emergência (Ministério da Defesa, 2024).

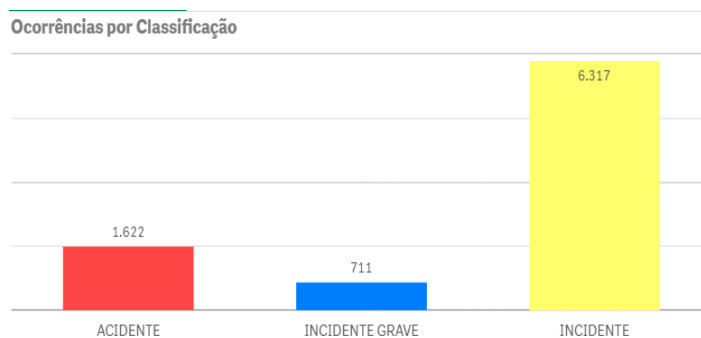
O Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER) é o órgão responsável pela condução das investigações com o intuito de diminuir a chance de que aconteçam novas ocorrências. Para isso, as ocorrências aeronáuticas são divididas em algumas classificações, são elas:

*“Acidente Aeronáutico: Toda ocorrência aeronáutica relacionada à operação de uma aeronave tripulada, havida entre o momento em que uma pessoa nela embarca com a intenção de realizar um voo até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado*

*Incidente Aeronáutico: Uma ocorrência aeronáutica, não classificada como um acidente, associada à operação de uma aeronave, que afete ou possa afetar a segurança da operação.*

*Incidente Aeronáutico grave: Incidente aeronáutico envolvendo circunstâncias que indiquem que houve elevado risco de acidente relacionado à operação de uma aeronave que, no caso de aeronave tripulada, ocorre entre o momento em que uma pessoa nela embarca, com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado. ” (Brasil, p. 17, 2017).*

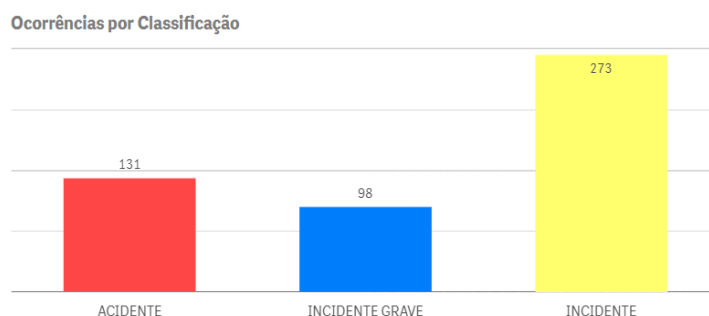
Na figura 03, observa-se dados de ocorrências registradas desde o início de 2015 até o mês de maio de 2025, o Brasil registrou uma série de ocorrências envolvendo a aviação civil, compreendendo tanto acidentes quanto incidentes aéreos. Esses registros foram meticulosamente reunidos e organizados pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Os dados estatísticos provenientes dessa instituição revelam um panorama detalhado da segurança operacional no espaço aéreo brasileiro durante o período analisado, refletindo a importância do monitoramento contínuo e da prevenção de ocorrências na aviação civil.



**Figura 03** - Ocorrências Aeronáuticas de 2015 à 2025 na aviação civil.

Fonte: Painel Sipaer

Ao se observar os 8.650 registros de ocorrências reunidos entre 2015 e 2025, constata-se que 18,75% correspondem a acidentes, 8,22% a incidentes graves e 73,03% a incidentes. Quando observa-se os dados relativos às ocorrências aeronáuticas ocorridas no mesmo período, porém somente durante a instrução, obtém-se os dados apresentados na figura 04.



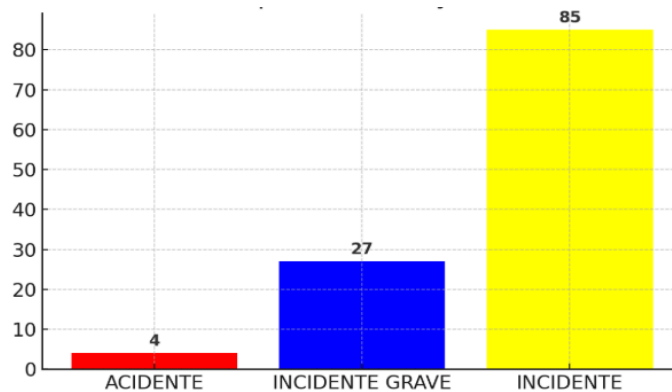
**Figura 04** - Ocorrências aeronáuticas de 2015 a 2025 durante instrução na aviação civil.

Fonte: Painel SIPAER

Quando se analisam apenas as ocorrências registradas durante a instrução, observa-se uma distribuição distinta quando comparadas às ocorrências gerais. Das 502 ocorrências nesse contexto, 26,09% foram classificadas como acidentes, 19,52% como incidentes graves e 54,39% como incidentes. Esses dados revelam um cenário em que as falhas críticas são mais frequentes do que na média geral, evidenciando a maior exposição a riscos em momentos de treinamento. Assim, a instrução aérea deve ser tratada com atenção redobrada, pois o acúmulo de fatores no ambiente de instrução pode gerar condições propícias à materialização de acidentes.

Ao se analisar o cenário da instrução aérea no 2º EIA, apresentado na figura 05, o qual contempla 4 acidentes (3,45%), 27 incidentes graves (23,28%) e 85 incidentes (73,28%), verifica-se uma proporção drasticamente menor de acidentes em relação ao total do próprio cenário, comparando com o âmbito da instrução no meio civil. Ainda que a taxa de incidentes graves seja

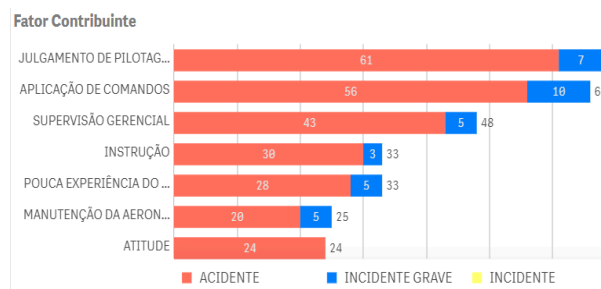
um pouco maior do que a média da aviação civil, a incidência de acidentes é consideravelmente inferior (3,45% contra 26,09%).



**Figura 05** - Ocorrências aeronáuticas de 2015 a 2025 no 2º EIA.

Fonte: SIPAA da Academia da Força Aérea.

A partir da análise das ocorrências do 2º EIA, revela-se uma proporção de acidentes significativamente inferior à média geral da aviação civil, 3,45% contra 26,09%, o que pode indicar a efetividade de medidas preventivas já implementadas. No entanto, a taxa de incidentes graves (23,28%) é superior à média nacional (19,52%), apontando para a necessidade de atenção redobrada na gestão de riscos durante a instrução aérea no 2º EIA.



**Figura 06** - Fatores contribuintes das ocorrências aeronáuticas de 2015 a 2025 na aviação civil.

Fonte: Painel SIPAER..

A análise dos fatores contribuintes em ocorrências registradas durante a instrução na aviação civil evidencia a predominância de falhas relacionadas ao fator humano, especialmente na dimensão

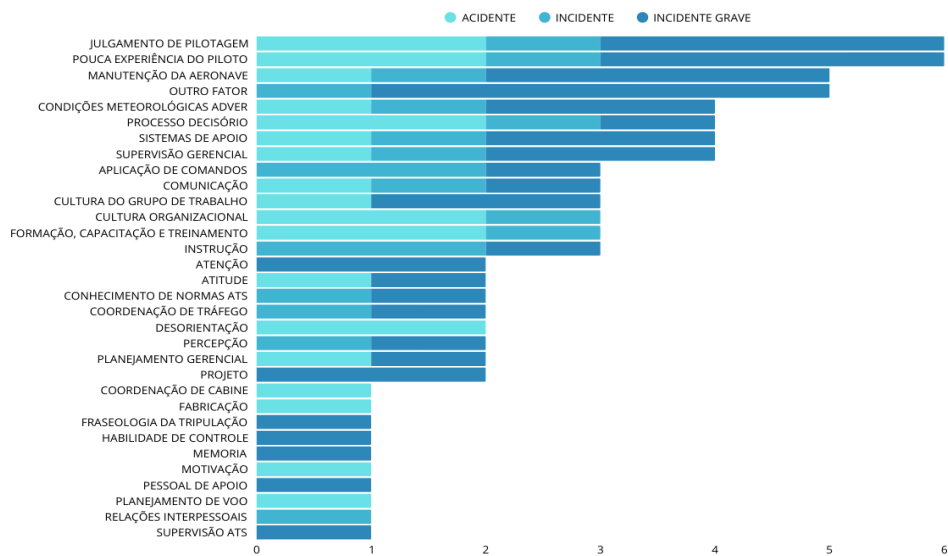
comportamental e na tomada de decisão dos tripulantes. Conforme o gráfico extraído do Painel SIPAER, os três fatores mais recorrentes associados aos acidentes e incidentes foram: julgamento de pilotagem (68 casos), aplicação de comandos (66 casos) e supervisão gerencial (48 casos), o que reforça o entendimento de que deficiências cognitivas e de tomada de decisão estão na base da grande maioria dos eventos ocorridos nas ocorrências aeronáuticas.

Segundo a MCA 3-17 (2017, p. 387) o julgamento de pilotagem é definido como uma “Inadequada avaliação, por parte do piloto, de determinados parâmetros relacionados à operação da aeronave, estando qualificado para operá-la.”, portanto pode ser entendido como um erro de julgamento. Essa habilidade, conforme apontado por Martinussen e Hunter (2017), pode ser desenvolvida em ambientes simulados, onde o piloto é exposto a condições variadas de pressão e ambiguidade de forma segura. O simulador, nesse contexto, serve como um laboratório cognitivo para o aperfeiçoamento do processo decisório, especialmente na fase inicial de formação.

Outro fator contribuinte comumente identificado na análise de acidentes aeronáuticos é a aplicação inadequada dos comandos de voo. De acordo com a MCA 3-17 (2017, p. 387), essa falha é compreendida como uma “inadequação no uso dos comandos de voo da aeronave por parte do piloto”. Tal limitação pode estar relacionada ao baixo domínio psicomotor ou à sobrecarga de tarefas — condições frequentemente observadas nos estágios iniciais da formação de pilotos. Segundo Moreno, Viégas e De Oliveira Ribeiro (2019), a falha na aplicação dos comandos pode decorrer de seis situações distintas: a omissão ou execução indevida da ação, a realização com intensidade inferior ou superior à necessária, e, por fim, a execução de forma prematura ou tardia. Essas características tornam o ambiente de instrução particularmente sensível a esse tipo de falha, o que justifica a adoção de metodologias complementares, como o uso de simuladores. Esses recursos possibilitam ao cadete a repetição de procedimentos críticos e a assimilação dos comandos com maior segurança, contribuindo para a redução do risco de erro durante o voo real.

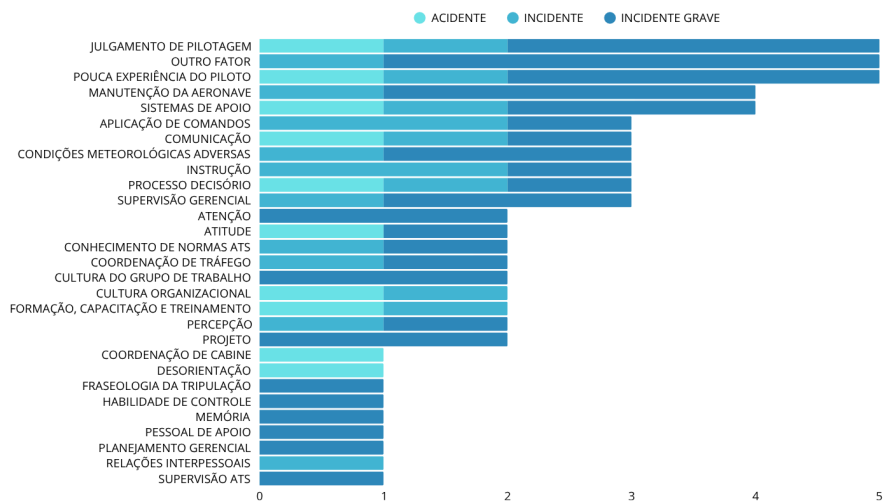
Fatores como instrução insuficiente, pouca experiência do piloto e atitude do tripulante também aparecem com frequência nas ocorrências. Esses elementos reforçam a necessidade de um processo formativo robusto, que vá além da instrução tradicional em voo e incorpore ferramentas tecnológicas capazes de acelerar o amadurecimento operacional do cadete. Nesse sentido, Panassol Júnior e Garcia (2023) defendem o uso de simuladores como ferramenta complementar para consolidar procedimentos e atitudes desejáveis, reduzindo a exposição ao risco durante o processo de aprendizagem. Assim, o uso pedagógico e contínuo do simulador permite não só a redução de acidentes, mas também, o desenvolvimento de atitudes mais conscientes e disciplinadas em voo.

Dentre esses fatores contribuintes mais comuns na aviação civil, pode-se perceber um grande número que pode ser desenvolvido utilizando o simulador. Além disso, é possível notar que comparando os fatores contribuintes mais comuns durante a instrução primária no segundo EIA, apresentado na figura 07, basicamente aparecem os mesmos fatores que ocorreram na aviação civil.



**Figura 07** - Fatores contribuintes das ocorrências aeronáuticas de 2015 a 2025 no 2º EIA.

Fonte: SIPAA da Academia da Força Aérea.

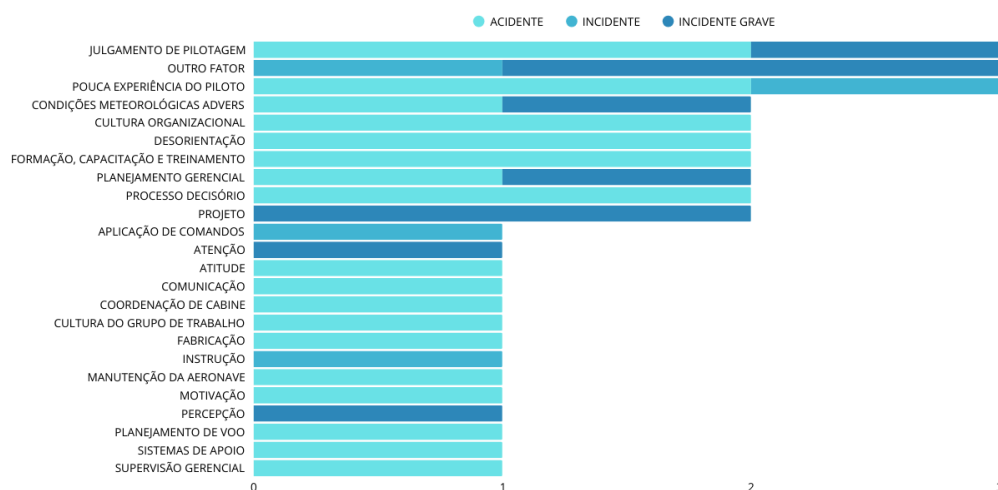


**Figura 08** - Fatores contribuintes das ocorrências aeronáuticas de 2015 a 2020 no 2º EIA.

Fonte: SIPAA da Academia da Força Aérea.

A análise dos dados revela que, no contexto da instrução realizada no Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA), os fatores predominantes associados a acidentes, incidentes e incidentes graves estão relacionados, principalmente, ao julgamento de pilotagem e pela reduzida experiência dos pilotos. Ao longo do gráfico, observam-se ainda outros fatores semelhantes aos identificados na aviação civil, como falhas no processo decisório, deficiência na supervisão gerencial e inadequada aplicação de comandos, entre outros. Esses dados indicam que as falhas humanas associadas à execução técnica e à tomada de decisão continuam sendo as principais causas de ocorrências aeronáuticas durante a fase de treinamento. Por outro lado, há fatores como a manutenção de aeronaves que, embora também presentes tanto na aviação civil quanto no 2º EIA, não estão diretamente vinculados a falhas humanas passíveis de correção por meio do treinamento em simuladores.

Somado a isso, ao analisarmos os números dos fatores contribuintes mais presentes nas ocorrências aeronáuticas de acidentes, incidentes e incidentes graves ocorridos no 2º EIA após a implantação do simulador, ou seja de 2020 a 2025, pode-se notar pouca mudança na distribuição dos fatores mais comuns.



**Figura 09** - Fatores contribuintes das ocorrências aeronáuticas de 2020 a 2025 no 2º EIA.

Fonte: SIPAA da Academia da Força Aérea.

A comparação entre os fatores contribuintes para ocorrências aeronáuticas no âmbito do Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA), considerando dois recortes temporais distintos — de 2015 a 2020 e o período de 2020 a 2025, após a implantação do simulador — permite identificar tendências no processo de formação dos pilotos da Força Aérea Brasileira. Em ambos os intervalos,

o julgamento de pilotagem permanece como o fator contribuinte mais recorrente. Isso indica que, embora tenha havido uma redução na frequência de erros relacionados a esse aspecto, as falhas de avaliação e decisão por parte dos cadetes ainda representam o principal desafio para a segurança operacional durante a fase de instrução. Essa constância sugere que os métodos atualmente empregados na formação têm sido eficazes em promover avanços no processo decisório dos alunos, mas ainda carecem de melhorias que possibilitem uma diminuição mais significativa desse tipo de ocorrência.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nas análises realizadas, observa-se que o uso do simulador de voo no 2º Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA) representa um avanço importante para a formação segura dos cadetes aviadores. O cruzamento entre os dados estatísticos do SIPAER e o referencial teórico analisado confirma que os principais fatores contribuintes para acidentes e incidentes durante a instrução estão diretamente ligados à tomada de decisão, domínio psicomotor e atitude do tripulante, todos passíveis de treinamento em um ambiente simulado. Ao verificar a importância do processo decisório na segurança de voo, identificou-se que essa competência pode ser fortemente desenvolvida através do uso do simulador de voo.

Retomando a problemática desta pesquisa — se o simulador de voo tem sido utilizado de forma efetiva na prevenção de acidentes aeronáuticos durante a instrução no Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (2º EIA) —, é possível afirmar, ainda que de forma parcial, há evidências de uma contribuição positiva na redução de acidentes e incidentes. No entanto, a persistência de fatores como julgamento de pilotagem e falhas no processo decisório indica que ainda existem limitações a serem superadas na forma como o simulador vem sendo empregado no atual modelo de instrução. Essas limitações comprometem, em certa medida, a mitigação de fatores contribuintes que, embora em menor proporção, continuam presentes nas ocorrências aeronáuticas no 2º EIA.

A análise comparativa entre os períodos de 2015 a 2020 e de 2020 a 2025 aponta que os fatores contribuintes mais comuns mantiveram os mesmos após a implantação do simulador. Sendo assim, observa-se a permanência de fatores de ordem cognitiva e comportamental, sugerindo a necessidade de ajustes metodológicos. Diante disso, reforça-se a hipótese de que o simulador é uma ferramenta eficaz, porém que ainda demanda maior integração e aprofundamento no processo

pedagógico, com o objetivo de reduzir a reincidência de erros nas ocorrências aéreas durante a fase de instrução.

Dessa forma, são reafirmados os objetivos propostos: verificar de que maneira o simulador pode colaborar com a segurança operacional e identificar a influência do treinamento simulado sobre a prevenção de acidentes aeronáuticos na formação inicial. Portanto, entende-se que o simulador de voo representa um recurso didático de grande valor no processo de formação dos pilotos, contribuindo de forma direta para a mitigação de riscos aeronáuticos e fortalecimento da cultura de segurança operacional.

Recomenda-se, como desdobramento futuro, um estudo a respeito da influência dos simuladores em itens específicos da instrução aérea, como mentalidade segurança de voo, uso dos comandos e etc. Somado a isso, realizar pesquisas e entrevistas com instrutores e cadetes com o intuito de identificar a opinião dos que estão diretamente relacionados com a instrução aérea a respeito da utilização dos simuladores.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL, Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **ICA 37-521 Objetivos de Ensino e Níveis a Atingir na Aprendizagem**. Brasília, DF, 2012.
- BRASIL, Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **MCA 3-6 Manual de investigação do SIPAER**. Brasília, DF, 2017.
- BRASIL, Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **DCA 11-45 Concepção Estratégica Força Aérea 100**. Brasília, DF, 2018.
- BRASIL, Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **ICA 3-16 Programa de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da DIRENS**. Brasília, DF, 2020.
- BRASIL, Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **PCA 37-27/2021 Plano de Desenvolvimento Institucional da Academia da Força Aérea**. Brasília, DF, 2021.
- BRASIL, Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **ICA 37-863. Projeto Pedagógico do Curso de Formação de Oficiais Aviadores**. Brasília, DF, 2024.
- BRASIL, Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria AFA nº 738/AFA, de 8 de janeiro de 2025. **Aprova a edição do Programa de Instrução e Manutenção Operacional da Academia da Força Aérea para o ano de 2025**. Boletim Interno Ostensivo, Pirassununga, n. 6, p. 104, 9 jan. 2025.
- CAETANO, R. D. G. S. **Fragmentos biográficos do SIPAER e do CENIPA**, 2011. Revista Conexão SIPAER, 3(1), 17-27.
- CASQUINHA, C. **A tomada de decisão em situações "in extremis" no contexto profissional das Forças Armadas e Forças de Segurança**. 2021. Tese de Doutorado.
- CASSIANO, S. K. **Tomada de decisão na aviação: Entre a teoria e a prática**. Revista Conexão SIPAER, v. 11, n. 2, p. 39–54, 2021.
- CINTRA, A. **A utilização do FFS SHEFE como ferramenta de segurança de voo: estudo sobre o curso de piloto de aeronaves 2018**. Revista Conexão SIPAER, v. 10, n. 1, p. 56-61, 2019.
- DE COSTA, J. **A Importância dos Simuladores na Formação de Pilotos e CTA'S e seu Impacte na Segurança de Voo**. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior (Portugal).
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos De Pesquisa 4o edição**. [s.l.] EDITORA ATLAS S.A, 2002.
- GONTIJO, A; MAIA, C. **Tomada de decisão, do modelo racional ao comportamental: uma síntese teórica**. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 11, n. 4, p. 13-30, 2004.
- ICAO DOC 995. **International Civil Aviation Organization Manual of Evidence-based Training**, 2013. Disponível em: <<https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/3177.pdf>>.

LIMA, G; DA SILVA, T. **Fatores humanos no gerenciamento da segurança operacional**. Revista Conexão SIPAER, v. 7, n. 1, p. 13-24, 2016.

MACHADO, J. E. S. **Os Primórdios dos Simuladores de Voo - MUSAL**, 2016. Disponível em: <<https://www2.fab.mil.br/musal/index.php/projeto-av-hist/62-projeto-av-hist/470-os-primordios-do-s-simuladores-de-voo>> . Acesso em: 8 out. 2024.

MARTINUSSEN, M.; HUNTER, D. R. *Aviation Psychology and Human Factors Second Edition*. [s.l.] CRC Press Taylor & Francis Group, 2017.)

MORENO, M. **Simulador de vôo de helicópteros: uma visão econômica**. Revista UNIFA, Rio de Janeiro, v. 15, n. 17, p. 70-74, dez., 2003.

MORENO, F.; VIÉGAS, P.; DE OLIVEIRA R.; SELMA L. **Acidentes aéreos da aviação civil brasileira: análise dos principais fatores contribuintes, no período de 2007 a 2012**. Revista Conexão SIPAER, v. 10, n. 2, p. 41-52, 2019.

PAGE, R. L. *Brief history of flight simulation*, 2004. Disponível em: <https://ohiostate.pressbooks.pub/app/uploads/sites/45/2017/03/FlightSimulation.pdf>. Acesso em: 7 out. 2024

PANASSOL JUNIOR, J. C. ; GARCIA, C. M. **Voo de Instrução: Importância do uso de simulador de voo para a formação de piloto**. *Instruction flight: Importance of the use of flight simulator for pilot training*. Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 164–191, 2023. Disponível em: <https://rbac.cia.emnuvens.com.br/revista/article/view/29>. Acesso em: 7 out. 2024.

PENTEADO, R; DAOU, M. **Tomada de decisão de pilotos de caça em voos praticados em simulador**. *Conexão SIPAER*, v. 4, n. 2, p. 40-64, dez. 2013. Disponível em: <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/246>. Acesso em: 7 out. 2024(246-1392-1-PB).

PRÉVE, A; MORITZ, G; PEREIRA, M. **Organização, processos e tomada de decisão**. Florianópolis, SC: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2010.

REASON, J. *Managing the Risks of Organizational Accidents*, 1997. Disponível em: <<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315543543/managing-risks-organization-al-accidents-james-reason>>. Acesso em: 3 jul. 2025.

RODRIGUES, C. **O conhecimento estratégico e a tomada de decisão tática do jogador distribuidor em voleibol**: estudo realizado em distribuidores do Mais elevado nível competitivo em Portugal. 2004.

RONDON, M. H.; CAPANEMA, C. F.; FONTES, R. S. **Próxima geração da aviação profissional**: Competências essenciais para o aprimoramento da profissão do piloto no Brasil. Revista Conexão SIPAER, v. 4, n. 3, p. 5–19, 2013.

SIMPSON, E. J. *The classification of educational objectives, psychomotor domain*, p. 1 - 11, 1966.